Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Vorstand: Prof. Dr. H. Peckert

Untersuchungen der Schmelz-Dentin-Grenze

(Unter besonderer Berücksichtigung der Vitalität des Schmelzes)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

Vorgelegt von
KURT SIEBERT
Zahnarzt aus Wilhelmshaven

1936

Buchdruckerei Albert Becht, Tübingen, Hirschgasse 16

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen.

Dekan: Professor Dr. Albrecht
Berichterstatter: Professor Dr. Wannenmacher

Bei der großen Anzahl von Arbeiten, die sich mit Untersuchungen über die Struktur des Schmelzes und vor allem der Schmelz-Dentin-Grenze beschäftigen, mag es zwecklos erscheinen, dieses Gebiet noch in einer besonderen Dissertation zu behandeln. Bedenkt man aber, wie sehr sich die einzelnen Anschauungen widersprechen, kann es schon berechtigt sein, die einzelnen Fragestellungen neu zu beleuchten, besonders dann, wenn man das Problem der Schmelzvitalität einbezieht. So soll diese Arbeit dazu beitragen, mehr Klarheit in diesem gesamten Fragenkomplex zu schaffen.

Im Folgenden sei kurz die normale Histologie des Schmelzes, des Dentins und der Schmelz-Dentin-Grenze unter Berücksichtigung der Vitalität des Schmelzes dargelegt, um dann in eigenen Untersuchungen feststellen zu können, ob Veränderungen der Schmelz-Dentin-Grenze bei vitalen und devitalisierten menschlichen Zähnen möglich sind.

Der bei makroskopischer Betrachtung strukturlose Schmelz besteht aus Prismen und einer interprismatischen Substanz. Die Prismen durchziehen den ganzen Schmelz in ihrer Hauptrichtung radiär, vom Dentin aus zur Oberfläche ohne Unterbrechung. Bei starker Vergrößerung sieht man eine zart angedeutete Längsfaserung in den Prismen, die auf die Fasern des Ameloblastenfortsatzes zurückzuführen ist. Die Prismen haben im Querschnitt oft annähernd sechseckige Formen und sind von körniger oder schwammiger Struktur. Diese Körnelung entspricht der Faserung beim Längsverlauf.

Zwischen den Prismen liegt die interprismatische Substanz, die auch als Kittsubstanz bezeichnet wird. An Längsschliffen durch die Krone des Zahnes sieht man, daß die Prismen von der Dentingrenze an schon neben der Hauptradiärstellung auch noch deutlich einen Anstieg nach der Schneidekante oder Kaufläche zu haben. Vor allem nahe der Oberfläche und bis etwa in die Mitte der Schmelzschicht bemerkt man reinen Radiärverlauf. Von da an gehen die Prismen ablagenweise in Bogenverlauf über und werden S-förmig. Betrachtet man die tieferen Schichten, so er-

kennt man aus dem S-förmigen Verlauf der Prismen den Uebergang in den geraden Radiärverlauf und in der nächsten Lage dann wieder den Bogengang der Prismen, aber nun in der umgekehrten S-Form. Durch die abwechselnde Schichtung kommt ein Strukturbild im Längsschnitt zustande, das als Schreger'sche Streifen oder nach Preiswerk als Zonien bezeichnet wird.

Die Prismen selbst zeigen noch eine Querstreifung, die für die Erklärung der Retzius-Streifen von Bedeutung ist. Einen interessanten Erklärungsversuch für diese Querstreifung, die bekanntlich als Ausdruck einer rhythmischen Verkalkung angesehen wird, gibt Gysi, der diese Streifung mit den Jahresringen der Bäume in Parallele setzt und sie so entstanden denkt, daß bei der Schmelzbildung die stärker verkalkten Zonen am Tage, die schwächer verkalkten bei Nacht abgeschieden würden. Jeder Querstreifen entspreche also einem „Tagesring". In der Tat zählt man am Schmelz der Eckzahnkrone 1300 bis 1700, im Mittel also 1500 Querstreifen, während die Verkalkung dieser Zone 4—5 Jahre, d. h. etwa 1500—1800 Tage in Anspruch nimmt. Die manchmal auftretende verschiedene Breite der einzelnen Retzius-Streifen werden auf Verdauungsstörungen an den einzelnen Tagen der Entwicklung zurückgeführt.

Für die normale Gestaltung der Prismen kommen bekanntlich die polygonale Form sowie arkadenartige Formen (v. Ebner, Smreker) in Frage. Durch neuere Untersuchungen haben die früher mehrfach angezweifelten Arkadenformen Smreker's verschiedentlich ihre weitere Bestätigung gefunden durch Orban, Weidenreich, Breuer und Faber. Es kann über ihr normales Vorhandensein kein Zweifel mehr bestehen.

In der alten von Walkhoff geführten histologischen Streitfrage, ob der an Kalk ärmere, an Protoplasma reichere Gewebsstreifen entlang den Prismen als deren Randschicht oder als eine Zwischenschicht (Kittsubstanz) angesprochen werden muß, hat Walkhoff neuerdings mehr die Untersuchung der Schmelzbildung, wonach von einer Differenzierung des Schmelzgewebes in Prismen und Zwischensubstanz nichts zu erkennen sei, in den Vordergrund seiner Beweisführung gerückt. Ihm gegenüber macht Orban auf Grund seiner Befunde geltend, daß Prismen und interprismatische Substanz schon von der Bildung her morphologisch und genetisch gesonderte Teile darstellen.

Nach seinen Versuchen an Rattenzähnen kommt er zu dem Ergebnis, daß aus jeder Schmelzzelle ein Prisma hervorgeht, die interprismatische Substanz stellt schon von Bildungsbeginn her einen separaten Bestandteil des Schmelzes dar und geht von den Schlußleisten der Schmelzzellen aus.

Mit seiner sehr hartnäckig verteidigten Ansicht steht Walkhoff, wie Faber sagt, heute ziemlich isoliert.

Für eine interprismatische Substanz haben sich fast alle Forscher ausgesprochen, so daß sie als zweifelsfrei erwiesen nunmehr angesehen werden kann.

Wie der am Prismenquerschnitt sich findende mehr organische Saum aufzufassen ist, ob als dessen Randzone (Weidenreich) oder als besondere Scheide oder Hülse wie Applebaum, Boedecker, Fish, Mummery, Orban und Smreker, ist für diese Abhandlung von nicht so ausschlaggebender Bedeutung.

Von C. F. Boedecker wurden erstmalig besondere Gebilde im Schmelz beschrieben, die er als Lamellen bezeichnete. Boedecker sagt: „Die Schmelzlamellen sind blattartige Fortsätze organischer Substanz, die an der Zahnbeingrenze beginnend sich nach der Zahnoberfläche ausdehnen. Sie stehen in Verbindung mit den Zahnbeinfasern. Die büschelförmigen Fortsätze sind ebenfalls organische, an der Zahnbeinschmelzgrenze entspringende Gebilde, die die Schmelzschicht zur Hälfte oder bis zu einem Viertel der Dicke durchdringen."

Walkhoff betrachtet die Schmelzlamellen als unverkalkte, zusammengedrückte Prismen, die zu den „Schmelzanomalien" der Verkalkung gerechnet werden müssen.

Es gibt aber auch Autoren, die diese Gebilde als reine Kunstprodukte ansehen. Unter diesen ist in neuerer Zeit hauptsächlich Gräff mit seiner Schule zu nennen.

Gräff nimmt an, daß diese im nichtentkalkten Schliff als dunkle Streifen, Lamellen oder Büschel sichtbaren Bildungen so gut wie ausschließlich künstlich erzeugte Veränderungen darstellen, also nicht organischer Herkunft seien. Dies muß teilweise zugegeben werden, da durch oft zu gewaltsame Vorbehandlung des Schliffes ähnliche Gebilde zu beobachten sind, die sich aber deutlich von den von uns gesehenen Lamellen unterscheiden. Durch diese von Gräff bewiesene Tatsache wird niemals die festgestellte Untersuchung entkräftigt, da auch diese

Gebilde, seien es die Lamellen oder Büschel, wenn auch in verminderter Zahl fast immer zu finden sind.

Ausdrücklich gegen eine Auffassung der Büschel und Lamellen als präparatorische Kunstprodukte haben sich Weidenreich, Sigmund und Weber, und Hoffmann ausgesprochen. Sigmund-Weber denken sich die Schmelzlamellen aus Sprüngen im Schmelz entstanden, in die das benachbarte Gewebe hineinwuchert. Daß sie aber auch wie die Büschel Bezirke weniger verkalkten Schmelzes sein können, ist erwiesene Tatsache. Somit stehen beide, die von Sigmund und Walkhoff gegebenen Anschauungen mit Recht nebeneinander. Nach Boedecker entstehen die Büschel als „eine Verdickung der Kittsubstanz zwischen den einzelnen Schmelzfasern." Daß die Büschel unvollständig verkalkte Schmelzprismen darstellen, ist wohl die geläufigere Auffassung. Einen ganz extremen und neuen Standpunkt nimmt Weidenreich in der Frage der Lamellen und Büschel ein. Er behauptet, daß die Lamellen und die Büschel die „letzten Ausstrahlungen der Faserungen des Manteldentins" seien. Weidenreich findet, daß diese Auffassung eine starke Stütze in der Tatsache hat, daß die Büschel von den Zacken der festonierten Schmelzdentingrenze ihren Ausgang nehmen (Gottlieb).

Die Schmelzlamellen sind nach Faber ganz bestimmte Bildungen des Schmelzgewebes; diese sind in einer mehr ursprünglichen Anlage der Prismensubstanz erhalten geblieben. Wir haben eine äußerst innige Verbindung von Schmelz und Dentin besonders mit dem Dentin, in das sie noch hineinragen. Bei ihrem Vorkommen an der glatten Fläche eines Zahnes haben sie die Form eines gleichmäßigen, blattartigen, fast durchweg axial gerichteten Streifens. In dieser Form ist die Dicke der Lamellen mehr oder weniger gleichbleibend während des ganzen Verlaufes. Auffallend ist deren gedrehte Anordnung in zopfartigen, innig miteinander verflochteten Windungen.

Stark zu unterscheiden sind hiervon die ebenfalls auftretenden mehr organischen Prismenformationen, die sog. Büschel. Diese gehen auch von der Schmelz-Dentin-Grenze aus, erreichen aber nicht die Oberfläche des Schmelzes, sind nicht mit dem Dentin fest verbunden, sondern verzweigen sich büschelartig in den Schmelz hinein. Durch ihr zahlreiches Auftreten an der Schmelz-Dentin-Grenze geben sie dieser ein charakteristisches

Aussehen im mikroskopischen Querschnittsbild. Außerdem sind sie ein viel zarteres Gewebe und Säuren gegenüber weniger widerstandsfähig.

Zu den Hypoplasien können sie nicht, wie Walkhoff es tut, gerechnet werden, auch wenn sie nicht die Verkalkung zeigen, die dem Schmelze eigen ist. Dafür treten sie viel zu konstant auf.

In seiner Dissertation über: „Histologische Untersuchungen über die Schmelz-Dentin-Grenze" kommt Glatthaar in der Frage der Schmelzbüschel zu folgendem Resultat: „Es handelt sich also bei den Büscheln um die Projektion von mangelhaft verkalkten Schmelzteilen verschiedener Ebenen in eine einzige. Die Büschelform ist eine optische Erscheinung und äußerst selten in Längsschliffen zu beobachten; an Querschliffen hingegen bieten sie einen regelmäßigen Befund. Alle Autoren stimmen wenigstens so weit überein, daß sie die als Lamellen und Büschel bezeichneten und gesehenen Gebilde als organische Substanz anerkennen."

Da nun Dentinanteile in der Schmelzstruktur eine wichtige Rolle vor allem für die Anschauungen der Vitalität spielen, ist es notwendig, den histologischen Aufbau des Dentins kurz zu streifen. Im wesentlichen halte ich mich da an die Darlegungen von W. Meyer und Euler.

Das Dentin besteht aus einer verkalkten Grundsubstanz, die von feinsten Fibrillen, hauptsächlich parallel, aber auch radiär zur Oberfläche angeordnet, durchzogen wird. Dieses Flechtwerk kann man gut in Interglobularbezirken und vor allem im kariösen Prozeß dargestellt sehen. Es ist von der Pulpa aus etwas radiär zur Oberfläche von Kanälchen durchzogen, die nahe der Oberfläche, also unter dem Schmelz und unter dem Zement, sich vielfach aufgabeln und bei ihrem übrigen Verlauf viele Seitenkanälchen abgeben. In den Kanälchen liegt der Dentinfortsatz — Tomes'scher Fortsatz — des zugehörigen Odontoblasten.

Die feinere Histologie der Dentinkanälchen und ihres Inhaltes ist lange umstritten gewesen. Neumann berichtete über die nach ihm benannten Scheiden des Dentins, die die Wandung des Kanals auskleiden und den Odontoblastenfortsatz umscheiden sollten. Walkhoff pflichtet dieser Anschauung bei. Beide, Neumann'sche Scheide und der Odontoblastenfortsatz, sollen nach Walkhoff isolierbar sein. Römer glaubt nur den

Odontoblastenfortsatz isolieren zu können und sagt, die Neumann'sche Scheide Walkhoffs sei mangelhaft verkalkte Grundsubstanz. Dem schließt sich Hannazawa an; nach ihm soll der sehr widerstandsfähige Odontoblastenfortsatz ohne Zusammenhang mit der Wand frei im Kanal liegen. Die Kanalwandung färbe sich zwar stark, z. B. mit Hämatoxylin, ist aber nicht isolierbar. Nach W. Meyer gibt es keine Neumann'sche Scheide im alten eigentlichen Sinne, sondern diese ist vielmehr tatsächlich ein durch Schrumpfung der Faser entstandener leerer Raum. Die Faser liegt in vivo der Kanalwand dicht an und schrumpft bei der Präparation sehr leicht, so daß es nur selten gelingt, sie in situ zu erhalten. Außerdem gehen viele Seitenzweige in entsprechend kleine Dentinkanälchen. Durch die Verkalkungsverschiedenheiten bei der Dentinverkalkung sind eigentümliche Einlagerungsbilder zu sehen. Man sieht Kalkkugeln und Kalkstreifen in den Lamellenlinien angeordnet, die eine nicht gleichmäßige Ablagerung von Kalksalzen in die Grundsubstanz darstellen. Häufig bleiben zwischen den großen Kalkkugeln mehr oder weniger große „Zwischenkugelbezirke" gleich Interglobularbezirke unverkalkt. Hauptsächlich in der Wurzel findet man ganz an der Peripherie des Dentins eine offenbar aus kleinsten Interglobularbezirken bestehende sog. Körnerschicht.

Die Frage, ob Nerven im Dentin vorhanden sind, können wir jetzt bejahen, nachdem es uns gelungen ist, die Nerven elektiv darzustellen. So gelang es Dieck und Tojoda, Nerven im Dentin einwandfrei festzustellen durch elektroosmotische Reinigung der entkalkten Präparate und Versilberung nach den üblichen Methoden.

Die Odontoblastenfortsätze des Dentins finden wir nun im Schmelz wieder. Faber schreibt: „Es ist nunmehr erwiesen, daß Dentinkanälchen in den Schmelz mindestens eine Strecke weit sich fortsetzen, wie die experimentelle Untersuchung Smrekers illustriert." Faber gewinnt bei seinen Untersuchungen auch den Eindruck, daß die Zahl der in den Schmelz übertretenden Dentinkanälchen eine weit größere ist, als man auf Grund der Schliffuntersuchungen gedacht hat. Auffallend ist das gehäufte Uebertreten der Kanälchen von der Kronendentinspitze aus.

Westin sah in seinen Schliffen einige Dentinkanälchen, die von der Kronenzahnbeinspitze sehr weit sich in den Schmelz unter Verzweigungen erstreckten. Nach Smreker

münden diese Dentinkanälchen im allgemeinen bald nach ihrem Uebertritt in den Schmelz offen in die Kittsubstanz = Prismenscheide.

Nach Fish gehen die Dentinkanälchen von dem an der Dentinperipherie durch Anastomosierung gebildeten Lymphplexus zu den Scheiden der Prismen.

Bei den Dentinfortsätzen, die in den Schmelz übertreten, können wir einmal einfache Fortsätze unterscheiden. Bei diesen handelt es sich um den Uebergang von Odontoblastenfortsätzen des Dentins in den Schmelz. Eine besondere Art von in den Schmelz übertretenden Dentinkanälchen sind die kolbenförmigen Fortsätze. Faber konnte als Hauptergebnis seiner Untersuchung feststellen, daß die kolbenförmigen Fortsätze Erweiterungen der Dentinkanälchen unter Bildung einer aus der Neumann'schen Scheide hervorgegangenen membranösen Begrenzung darstellen, wobei der Odontoblastenfortsatz in verschiedenartiger Weise durch den Kolben verläuft.

Fischer brachte die kolbenartigen Fortsätze mit den Büscheln in Zusammenhang. Er hält die Kolben für nicht zur Auffaserung gekommene Dentinkanälchen, die Büschel aber für aufgefaserte Dentinkanälchen. Die einzelnen Aeste der Büschel verlaufen zwischen den Prismen, sie sind organische unverkalkte oder minderverkalkte interprismatische Substanz, und keine Abkömmlinge oder Auffaserungen des Dentinkanalinhaltes.

Das Bestehen der Dentingrundsubstanz an den Kolben, wie es die geläufige Ansicht im Hinblick auf die bekannte Resorptionstheorie ist, erscheint zweifelsfrei ausgeschlossen. Als kolbenförmige Verdickungen laufen sie aus, wie sie von Ebner und neuerdings Loher zahlreich gesehen wurden.

Diese Resorptionstheorie nimmt an, daß durch die Ameloblasten eine Resorption am Dentin stattfindet, bei der einzelne Kanälchen unresorbiert stehen bleiben, um dann in den anzubildenden Schmelz eingebaut zu werden. Durch solche Resorption soll eben die eigentümlich lakunäre Oberflächengestaltung des Dentins zustande kommen, und die Dentinkanälchen ihrer feinsten Spitzen beraubt sein. Sicher sagt noch dazu: „Die Grenzlinie des Dentins gegen den Schmelz stellt nach der Resorption eine girlandenförmige Linie vor, die ihre Konkavitäten dem Schmelz zukehrt."

Interessant dagegen zu hören ist die Ansicht A. W. Rywkind's

(Moskau), der sich mit dem sog. „wellenförmigen Aussehen der Schmelzdentingrenze" beschäftigte. Nach den Ergebnissen seiner Studien an einem Odontom, das für seine Forschungszwecke besonders günstig war, da es alle Entwicklungsphasen enthält, bestätigt er die Anschauung Orban's bezüglich des Entstehens der zackigen Erscheinungen an der Dentinschmelzverbindung. Orban vertritt nämlich die Ansicht, daß die Schmelzdentingrenze schon von Hause aus bogenförmig präformiert sei. Vor Bildung der harten Zahnsubstanzen stehen die Zellen des inneren Schmelzepithels mit den Odontoblasten in Kontakt. Diese Kontaktlinie ist gewöhnlich wellenförmig wie die spätere Dentinschmelzverbindung. Es ist natürlich, daß später bei Bildung der ersten Dentinschichten ihre Oberfläche dasselbe gezackte Aussehen beibehält.

Walkhoff sagt über die Girlandenform: „Diese Resorption kann natürlich nur von den Ameloblasten, die dem neugebildeten Zahnbein anliegen, ausgehen." Einige Seiten weiter schreibt er: „Wir sehen zunächst bei der ersten Anlage des Schmelzes bogenförmige Drucklinien in weiter Entfernung in schon fertig gestelltem Zahnbein auftreten, das erste Zeichen für die bald darauf beginnende Resorption. Der Schmelz dringt also förmlich in das Zahnbein ein." Wir sehen aus diesen Beschreibungen, daß die Resorption durch Ameloblasten einmal als „natürlich" beschrieben wird, während später dieser Vorgang als Tätigkeit des zuerst angelegten Schmelzes aufgefaßt wird. Außerdem konstatiert Walkhoff, daß die Tomes'sche Körnerschicht an dem schmelzbedeckten Zahnbein fehlt, und er führt dies auf Resorption zurück. Er bezeichnet die Resorption direkt als selbstverständlich bei einem solch mangelhaft entwickelten Gewebe. Orban glaubt mit Recht, daß ein gut verkalktes Gewebe eher resorbiert werden kann als ein weniger gut verkalktes. Deshalb ist es doch unverständlich, weshalb die Körnerschicht an der Wurzel nicht resorbiert wird. Dort lag doch vor der Zementbildung Bindegewebe der Körnerschicht gegenüber; deren Resorptionsfähigkeit steht viel sicherer fest, als die der Ameloblasten oder gar der Schmelzgrundsubstanz. Hierzu führt er die Arbeit von Kronfeld an, der an Bildern von der physiologischen Resorption beim Zahnwechsel die schon von Pommer in pathologischen Fällen beobachtete Tatsache erhärten konnte, daß verkalktes Gewebe eher resorbiert wird als nicht verkalktes. Weiter sagt Orban: „Ist der Schmelz mangelhaft

ausgebildet, so ist der periphere Teil des Dentins auch schlecht verkalkt."

Scherbel und W. Schönlank behaupten auf Grund ihrer Untersuchungen, daß vom Dentin aus in gewissen Abständen Tomes'sche Fasern in den Schmelz eindringen, an ihrem Ende teilweise eine leichte Anschwellung zeigend. Es sind dies die kolbenartigen Fortsätze. Nach der Resorptionstheorie ließe sich ja daran denken, daß das Protoplasma der Tomes'schen Faser der Resorption durch den Schmelz größeren Widerstand entgegengesetzt hätte. Aber dann wäre es nicht abzusehen, warum diese Widerstandsfähigkeit nicht gleichmäßig auf alle Fortsätze sich erstrecken sollte. Dafür finden die Anhänger der Resorptionstheorie keine Erklärung. Mir scheint auch die Ansicht Orban's die einzig mögliche zu sein: nach Orban spricht gegen die Resorption der Umstand, daß die Kanälchen in den Spitzen zwischen den Buchten zusammengedrängt sind. Wenn man auch wie Meyer für das Zustandekommen Druckerscheinungen annimmt, so stellt Orban sich ihr mit dem Einwand gegenüber, daß bei einem Druck der Ameloblastenreihe gegen die Dentingrundsubstanz eher die erstere ausreichen würde, als das kompakte Dentin. Vielmehr schieben sich schon die Ameloblasten mit ihren Fortsätzen von vornherein zwischen die vorgebildeten Buchten, wobei durch Platzmangel ein divergierender Verlauf zustande kommt. Während danach die Auffassung Graze's nicht richtig erscheint, der in seiner Arbeit „Studien zum Aufbau des Dentins an seinen äußeren Grenzen" in dieser Frage zu der Schlußfolgerung kommt, daß höchstens gewisse Ausgleichsbestrebungen, durch Resorption und Druckerscheinungen gemeinsam herbeigeführt, die dieser äußeren Form eine scharf ausgeprägte Abgrenzung verleihen, anzunehmen sind. Wie dieser festonierte Verlauf zustande kommt, ob schon von Haus aus angelegt oder erst durch Faltung gebildet, läßt sich nicht entscheiden."

Von gleichfalls großer Wichtigkeit für eine Vitalität des Schmelzes sind die in der Literatur heiß umstrittenen „Spurstreifen" in der Schmelz-Dentin-Grenze. Hierüber berichtet Hermann. Bei der mikro-histologischen Untersuchung des Schmelzdentingebietes kann man wiederholt sehen, daß diese Gegend von einem eigenartigen, maschenähnlichen Netzwerk durchzogen ist. Walkhoff nennt diese Linie „Konturlinie" und legt ihr eine nutritivgenetische Bedeutung zu. Morgen-

stern führte als Erster den Namen „Spurstreifen" ein. Port-Euler sagt dazu: „Sie treten am deutlichsten an Tangentialschliffen durch die Dentinschmelzgrenze zutage, befinden sich in regelmäßigen Abständen voneinander und besitzen einen leicht geschlängelten Verlauf; ihre Existenz ist häufig — zu Unrecht — bestritten worden." Die Erscheinung der Spurstreifen — bei dieser Bezeichnung wollen wir bleiben, da sie das Prioritätsrecht hat, darüber hinaus verständlicher ist als „Konturlinie" — ist heute nicht mehr bestritten. Hermann äußert sich: „In der Tat hat man bei der Beobachtung von Spurstreifen niemals ein durchgehend klares Bild derselben, sondern sieht entsprechend der verschiedenen Entfernung derselben vom Objektiv nur immer eine Zone deutlich; so wird uns klar, daß Walkhoff sie einmal im Dentin, Morgenstern sie im Schmelz gesehen hat." Am Schluß seiner Abhandlung kommt er zu der Deutung dieser Spurstreifen als optischer Trugbilder.

Reißner glaubt auf Grund seiner eingehenden Untersuchungen mit Hilfe des polarisierten Lichtes einwandfrei festzustellen, daß es sich bei diesen Gewebsformationen um eine Einrichtung handelt und nicht um ein in phylogenetischem Sinne zu Grunde gehendes abortives Organ. Zu Grunde gelegt hat er das schon von Morgenstern gesehene Saftbahnensystem der Spurstreifen, das sog. rektanguläre Netz der Schmelz-Dentin-Grenzschicht. Hierbei schließt er sich der Meinung Orbans an, der an Hand zahlreicher Präparate nachweisen konnte, daß die wellenförmige Schmelzdentingrenze schon vor Bildung des Schmelzes und des Dentins besteht. Die „Spurstreifen" als optische Trugbilder glaubt Reißner damit zu widerlegen, daß optische Phänomene wohl festzustellen sind; aber trotzdem bleibt die Tatsache bestehen, daß auch Spurstreifen vorhanden sind. Sie bilden jenes Netzwerk, das als Verteilungs- und Pufferstation zwischen Schmelz und Dentin anzusprechen ist. Diese organischen Zentren für alles Lebendige innerhalb der anorganischen Mauern sind es wiederum, die mit Reaktionen auf Reize von außen oder innen in ihrem Bereiche reagieren.

Schulte hat in seinen Forschungen Aehnliches gefunden. Im Dentin — unterhalb des Schmelzes — unterscheidet er verschiedene Schichten. Eine Gitterschicht — poröse Kalkeinlagerungen — darunter eine Schicht mit zahlreichen Interglobularräumen = besser Interglobularbezirken wie Meyer mit Recht

wissen will. Die äußerste Dentinzone bezeichnet er als Netzzone, da sie durch großen Faserreichtum charakterisiert ist. Die Interglobularbezirke sollen zum Ausgleich des Säftestromes dienen, wenn größerer Bedarf vorliegt. Ebenso diese wie die Gitterschicht soll eine federnde Funktion haben bei plötzlichem Kaudruck. Die Netzzone steht im Dienste der Schmelzbefestigung. Die Dentinfasern bilden hier ein Netzwerk, aus denen viele in den Schmelz hineinragen. Die Lamellen, die zur Festigung des Schmelzes dienen, sind fest mit dem faserigen Netzwerk in der obersten Dentinschicht verankert.

Um einmal alles kurz zusammenzufassen, können wir sagen:

1. Die Prismen im Schmelz verlaufen an seinem flachen Ende viel öfter gekrümmt und gewunden von der Schmelz-Dentin-Grenze zur Oberfläche.

2. Zonen körnigen Aussehens sind in Mehrzahl gerade am Schmelzrand zu treffen und befallen hier auch die Mittellage des Schmelzes.

3. Am Schmelzrand, d. h. am Uebergang vom Schmelz zum Zement, sind dichtere und mächtigere Retzius-Streifen zu finden als sonst im Schmelz.

4. Am Schmelzrand sind zahlreichere Lamellen vorhanden.

5 Einfache und kolbenförmige Fortsätze ebenso Büschel im Schmelz an der Schmelz-Dentin-Grenze sind ständig im Bereich des Schmelzrandes vorhanden (allerdings nur an Querschliffen zu erkennen).

6. Außerdem glauben wir ein Netzwerk — eben die Schicht zwischen Schmelz und Dentin —, das irgend welche Funktionen in bezug auf Ernährung und Pufferung hat, an der Schmelzdentin-Grenze annehmen zu dürfen.

Ob alle die oben aufgezeichneten Gebilde für eine eventuelle Ernährungsbahn in Frage kommen, läßt sich am besten entscheiden, wenn wir im folgenden die Frage über die Vitalität des Schmelzes, d. h. die Frage des Bestehens eines Schmelzstoffwechsels behandeln. Wir wissen ja, daß gerade auf diesem wichtigen, ich möchte sagen, auf diesem wichtigsten Gebiete der Erforschung nach „Leben" in den harten Zahnsubstanzen sich zwei Gruppen von Forschern einander gegenüberstehen, von denen die einen sich gegen ein „Leben" im Schmelz aussprechen,

während die anderen es bejahen. Zur klaren Uebersicht bin ich gezwungen, zunächst die Anschauungen und Untersuchungsergebnisse der Gruppe der Antivitalisten ausführlich darzulegen. Als ihr Hauptvertreter ist A. Hopewell-Smith zu bezeichnen. In seiner Arbeit: „Evidences against the theory of the metabolic properties of human enamel" legt er uns die Gründe klar, weshalb von irgendwelchen Lebensvorgängen im Schmelz keine Rede sein kann: „Es ist die Natur des Schmelzes. Der Schmelz ist eine gleichmäßig verkalkte Absonderung und diese wiederum das Produkt spezialisierter lebender Zellen. Ein Exkret dagegen setzt die Bildung eines unbrauchbaren Materials voraus, das bei Anhäufung für den Körper schädlich ist. Im Gegensatz zu anderen Sekreten verkalkt der Schmelz sofort nach seiner Ablagerung. Daher seine einheitliche Verkalkung.

Der Ursprung. Der Schmelz wird von dem Ameloblasten gebildet, einem ektodermalen Gewebe. Sie besitzen eine hochspezialisierte sekretorische Fähigkeit. Nach Erfüllung ihrer Funktion degenerieren die Zellen rasch, sterben ab und verschwinden. Sie haben nur eine Lebensdauer von 3—4 Monaten, und werden nie mehr ersetzt.

Die Absonderung. Aehnlich anderen Sekreten, aber unähnlich anderen Geweben entbehrt der Schmelz völlig folgender Bestandteile: 1. organisierter Zellen, 2. Bindegewebsfasern, 3. Blutgefäßen, 4. Nervensystem, 5. Lymphsystem. Die Annahme einer Durchgängigkeit des Schmelzes für Speichel oder andere Bestandteile, die sich in der Mundhöhle finden, oder eine Diffusion von Flüssigkeit aus der Pulpa durch das Dentin in den Schmelz, ist absurd und nicht in Einklang mit dem gesunden Menschenverstand. (Diese Aeußerungen sind eigentlich keine Argumente wissenschaftlicher Beweiskraft!)

Die chemische Zusammensetzung. Die Salze werden durch die Zelltätigkeit in mehr oder weniger regelmäßigen Säulen abgelagert. Das kann in keiner Weise als Wachstum bezeichnet werden, sondern eben nur als Ablagerung.

Im Laboratorium ausgeführte Entkalkung würde einen großen Rückstand in der Form eines aus kollagenen Verbindungen zusammengesetzten unlöslichen Präzipitats ergeben. Bei der Dekalzifikation verschwindet aber der Schmelz vollständig."

Zusammenfassend zieht der Verfasser den Schluß, daß der Schmelz ein lebloses Gewebe ist, welches keinerlei metabolische

Eigenschaften besitzt und nur zur Verkleinerung der Nahrung und zu wirksamem Schutz für das Dentin dient und fähig ist, Impulse thermischer und elektrischer Natur zu den unterliegenden Strukturen zu leiten. Hiernach würde also die ganze später bei den Vitalisten zu besprechende Remineralisationstheorie in sich zusammensinken.

In diesem Zusammenhange sind auch die Ansichten und Forschungsergebnisse von Weber heranzuziehen. In seiner Abhandlung: „Die Frage des Lebens der harten Zahnsubstanzen und der Remineralisation des Schmelzes" führt er etwa folgendes aus: Der Zusammenhang von Dentin und Schmelz wurde durch Lukowsky in ein anderes Licht gerückt. Dieser stellte bei seinen Untersuchungen fest, daß der „tote" Schmelz permeabel ist und verschiedene Diffusionsflüssigkeiten ihn im abgestorbenen Zustand mehr oder weniger schnell durchdringen können. Stellt man die gleichen Diffusionsversuche mit Schmelz, der eine lebende Pulpa hat, an, so zeigt sich, daß die Durchdringung der Flüssigkeit erst nach und nach vor sich geht, nämlich in dem Maße, in dem der Zahn nach Verlust der Pulpa Umwandlungen erleidet. Wertet man diese Versuche auf die Frage der Schmelzvitalität aus, so dürfte folgender Schluß gerechtfertigt sein: Der Schmelz, der seine Beziehung zum Mutterboden verloren hat, braucht den Zusammenhang mit dem Zahnbein, um seine Struktur aufrecht zu erhalten. Weber schließt sich mit seinen Untersuchungen Lukowsky an und meint auch, daß der tote Schmelz permeabel wird, wenn die Sprengung des unizellaren Gefüges bis zu einem gewissen Grade eingetreten ist. Der lebende Schmelz, der trotz seines künstlichen „Stoffwechsels" seinen Zusammenhang aufrecht erhält, ist eben gerade wegen seiner lebendigen Verbindung mit dem Dentin und der besonderen Struktur der Oberflächenschichten impermeabel. Er glaubt auch, daß für den normal verkalkten Zahn eine nachträgliche Härtung durch den Speichel überhaupt nicht notwendig ist, einmal weil seine Reifung schon vor dem Durchtritt der Krone fast vollendet wurde, weil ferner die Versorgung auf das Dentin übertragen wird.

Auch Proell spricht sich in dieser Richtung aus. Er hält eben nach seinen angestellten Untersuchungen die Härtung des Schmelzes nur von außen her für möglich, so daß sich nur physiko-chemische und mechanische Vorgänge in den harten

Zahnsubstanzen abspielen. Die allgemeine Ansicht wäre ja, daß die harten Zahnsubstanzen nichts anderes als ein Zellprodukt der Ameloblasten und der Odontoblasten sein müßten. Dem gegenüber zeigt aber die Vitalfärbung mit Krapp, daß das von den Odontoblasten produzierte Gel in einer so gleichmäßigen Zone Kalksalze aufnimmt, daß man geneigt ist, diese primäre Verkalkung als einen physiko-chemischen Prozeß aufzufassen. Hauptaufgabe der Bildungszellen scheint es danach zu sein, den Aufbau eines Gewebes mit der besonderen Eigenschaft zu vollziehen, aus der Gewebsflüssigkeit gelöste Mineralsalze anzuziehen und in sich zu verankern. Neben dem Ablauf vitalistischer Vorgänge spielen demnach auch mechanische Vorgänge eine bedeutsame Rolle. Als Beweis für die mechanischen Vorgänge im Schmelz führt Proell die Tatsache an, daß die Härteprüfung von Zähnen in verschiedenen Lebensaltern ein zunehmendes Härterwerden des Schmelzes zeigt. Als Beweise einer Mineralisation von der Schmelzoberfläche ins Innere von Schmelz und Dentin sprechen nach Proell

1. Die Vitalfärbung der schmelzlosen Nagetierzahnoberfläche bei Meerschweinchen nach Alizarin-Injektion.

2. Das Verhalten der Schmelzoberfläche. Die Schmelzoberfläche zeigt an funktionell unbeanspruchten Stellen eine größere Härte als die tieferen dem Dentin anliegenden Schmelzpartien. Erklärung: Die festigenden Mineralien diffundieren aus der Mundflüssigkeit in den Schmelz hinein. Für dieses Eindringen spricht ferner

3. Das Verhalten der Zähne mit Abkauung. Freigelegtes Sekundärdentin erklärt sich Proell bei Abkauung als eine Aufnahme von Mineralsalzen aus der umgebenden Flüssigkeit. Entscheidende Rolle spielen: 1. Die zentripetal gerichtete Flüssigkeit, 2. die immer und immer wiederholte Pressung durch den Kauakt, die nach Erfahrung aus der Mineralogie einen Transport von gelösten Salzen ins Innere des Schmelzes und Zahnbeins verstärkt, 3. die Eigenschaft der Zahngewebe, diese Salze in sich zu verankern.

4. Die Transparenz des Zahnbeins. Die meisten von den aufgestellten Theorien fassen das Auftreten der Transparenz mehr oder weniger als eine vitale Reaktion auf. Proell fand aber auf Grund seiner Untersuchungen an vorher lebenden, dann abgetöteten Hundezähnen, daß das Wesen der Transparenz nicht

auf einer vitalen Reaktion beruhe, sondern nur auf einem physiko-chemischen Prozeß.

Nun seien die oft sehr überraschenden und anschaulichen Untersuchungsergebnisse der Vitalisten widergegeben, um dann über die eigenen Untersuchungen zu berichten.

Daß Walkhoff mit seiner apodiktisch vertretenen Lehre: Der Schmelz sei ein vollkommen lebloser in seinem Bildungszustand verharrender Körperteil abzulehnen ist, ist nach den überzeugenden Untersuchungsergebnissen klar. Faber charakterisiert die Walkhoff'sche Ansicht folgendermaßen: Er soll sich lieber nicht äußern, „statt in einseitiger Auslegung histologischer Bilder problematische Fragen zu feststehenden Dogmen zu stempeln, die hinterher der neueren wissenschaftlichen Erkenntnis doch nicht mehr standzuhalten vermögen."

Experimentell nun wurde das Problem — besteht ein Stoffwechsel oder nicht — von verschiedenen Seiten auf dem Wege von Permeabilitätsbestimmungen angegangen, damit eng zusammenhängend die Frage der De- und Remineralisation des Zahnschmelzes. Die Permeabilität vertritt ja auch Proell. Levingston kommt zu dem Resultat: Der Schmelz kann als eine Membran angesehen werden, die eine Diffusion gestattet, allerdings vorläufig nur bei Versuchen, die außerhalb der Mundhöhle angestellt wurden.

Kraus (Prag) stellt fest: Die Kalksalze sind sehr resistent, sie befinden sich in den Prismen in Form von Ca-Doppelsalzen, in der organischen Substanz unter Umständen als Ca-Eiweiß. Seine Versuche: Schmelz erleidet im Speichel mit Zusatz von 5 % Traubenzucker nach kurzer Zeit starke Gewichtsverluste. So entkalkte Schmelzstückchen, die dann in eine unschädliche Lösung gelegt waren, zeigten, aufs neue in Glykogenspeichel gebracht, keine Gewichtsverluste mehr, sie waren gegen Säureeinwirkung „immun" geworden. Diese Zähne zeigten nach dem Verweilen im sauren Speichel auch schon makroskopisch keine kreidigen Flecken, sondern waren glänzend. Erklärung dafür: Bei saurer Reaktion wird das an Eiweiß gebundene Calcium frei, und das Ca diffundiert in Verbindung mit Gärungsmilchsäure aus dem Schmelz. Wird die Reaktion wieder neutral, so bildet sich wieder Ca-Proteinat. Die dazu nötigen Salze können von einer Verschiebung von Kalksalzen innerhalb des Schmelzes infolge der Reaktionsveränderung im Schmelze herrühren. Klinische

Beispiele für die theoretischen Feststellungen sind die sog. Kariesmarken. Nach Verschwinden der Retentionsstelle, die durch einen kariösen Nachbarzahn gegeben war, wird die entstandene oberflächliche Schmelzkaries wieder mineralisiert. Diese Stellen haben genau wie im erwähnten Versuche eine größere Säureresistenz als normaler Schmelz (Miller). (Für die Kariestheorie ist also die künstliche Remineralisation von großer Bedeutung.)

Zahlreichen Arbeiten über das Vorhandensein eines Stoffwechsels im Schmelz sind neuere Untersuchungen gefolgt. Insbesonders hat Applebaum festgestellt, daß Farbniederschläge nicht in den Prismen, sondern in der interprismatischen Substanz zu finden waren, wie dies noch von anderen Autoren nachgewiesen wurde. Allerdings muß ein passender Farbstoff genommen werden. Denn bei der Permeabilität des Schmelzes handelt es sich um höchst komplizierte Vorgänge, da hierbei Membranladung und Porenwandphänomene eine Rolle spielen. Bei der Schmelzfärbung durch die elektroendosmotische Methode spielen verschiedene Faktoren eine Rolle, wie Alter der Zähne, ob durchgebrochen oder nicht, Konzentration der Lösungen, die Größe der Ionen des Farbstoffes. Methylenblau, Saffranin und Fuchsin wurden zuerst benutzt. Sie zeigten aber Sprünge und sonstige Mängel an. Deshalb nahm Applebaum Quecksilberbichlorid in der Annahme, daß metallisches Salz leichter durch die feinen Schmelzkanäle dringen kann, als die großen Moleküle der Anilinfarben. Die durch das Quecksilber hervorgerufene Färbung beschränkt sich auf die interprismatische Substanz.

Analoge Versuche über die Durchgängigkeit des Schmelzes hat Fish an Hunden gemacht. Er konnte feststellen, daß bei jungen Hunden der Schmelz von der Oberfläche bis zum Dentin für Methylenblau durchgängig ist, bei älteren nicht, da keine Farbe nachgewiesen wurde. Die Farbe durchdrang die Prismenscheiden und nicht die Prismen oder die I.P.-Substanz. (Fish nimmt, wie dies auch besonders englische und amerikanische Forscher tun, neben der I.P.-Substanz noch eine besondere, die Prismenkörper umgebende Scheide an.) Die Veränderungen des Schmelzes bei älteren Hunden beruhen hauptsächlich auf Veränderungen in den obersten Schmelzlagen, die vielleicht auf eine stärkere Verhornung der epithelialen Eiweißstoffe der Prismenscheiden zurückzuführen sind. Diese Versuche zeigen, daß auch intra vitam eine Verbindung besteht, auf der Flüssigkeiten von

Dentin in den Schmelz gelangen und größere Teile desselben durchtränken können.

Morgenstern berichtet von einem Versuch der Vitalfärbung eines Hundes mit Indigokarmin, wobei dieses auch in den Schmelz eingedrungen ist.

Ganz besonders bemerkenswert sind die mit intravitaler Einverleibung von Farbstoffen angestellten Untersuchungen von Urbantschitsch. Er verwandte Trypanblau, Lithionkarmin und Ferrum saccharatum; letzteres bewirkte durch Berlinerblaureaktion eine starke Blaufärbung des Schmelzes. (Hunde und Fledermäuse. Sie zeigten die Schmelzfärbungen diffus, peripherwärts verblassend.

Die gleichen Versuche stellte Faber an und konnte Urbantschitsch's Versuche noch deutlicher zeigen. Er erklärt: „Die Verfärbung nimmt manchmal weite Bezirke ein, so den ganzen Schmelz einer Zahnseite in der dem Längsschnitt entsprechenden Ausdehnung. In der Regel ist die Verfärbung in den inneren Schichten des Schmelzes am stärksten und nach außen hin schwächer, doch nimmt sie dessen ganze Breite ein."

Münch wirft in seinen zahlreichen, eingehenden Untersuchungen die Frage auf, ob eine Beeinflussung der Zähne und vor allem ihrer Hartsubstanzen auch nach ihrer Fertigstellung möglich ist. Daß wir während der Entwicklung der Zähne und ihrer Hartsubstanzen im günstigen Sinne durch zweckentsprechende kalk- und vitaminreiche Nahrung und Präparate einwirken können, dürfen wir heute auf Grund der mannigfaltigsten experimentellen Untersuchungen bejahen.

Auch der Einwand, daß der Schmelzsubstanz jegliche Reizbarkeit und Reaktionsfähigkeit mangle, ist geltend gemacht worden. Der ausgebildete Schmelz, sagt Türkheim, reagiert bei seiner Abnutzung nicht anders als ein von der Meeresbrandung rund geschliffener Stein. So mag es erscheinen, aber auch hier gilt: „Nichterkennen" ist nicht gleich „Nichtexistenz". Zudem übersehen die betreffenden Forscher ganz, wie rasch Reize, die auf die Schmelzoberfläche treffen, durch die Lamellen pulpenwärts geleitet und an der Ansatzstelle im Dentin mit einer vermehrten Kalkablagerung beantwortet werden können. Diese Tatsache betont auch Euler.

Die von Mummery geschenen transluzenten Zonen im

Schmelz würden ebenfalls ohne weiteres für eine Reaktionsfähigkeit des Schmelzes sprechen.

Nun liegen Westins Untersuchungsergebnisse vor, und er behauptet, daß die Schmelz-Dentin-Grenze keine starre Linie darstellt, sondern daß sie durch äußere Noxen, Karies, Abrasio veränderlich ist, in der Weise, daß das Dentin durch protoplasmatische Tätigkeit aufgelöst und durch Schmelz ersetzt werden kann. Dem peripheren Schmelz spricht er aber jegliche Kanalisierung ab. Die späteren von Fish gemachten Untersuchungen, die ich schon oben dargelegt habe, ergeben ja ein Vorhandensein eines Kanalsystems im Schmelz menschlicher Zähne.

Münch konnte an seinen mit Diamantfuchsin gefärbten Zahnschliffen feststellen, daß ein Kanalsystem in dem Sinne, wie es im Dentin zu finden ist, nicht existiert. Wohl konnte er fast in jedem Schliff mehr oder weniger Schmelzkanäle beobachten. Was die Deutung dieser Kanäle betrifft, so hängt ihr Inhalt zweifellos mit den Odontoblastenfortsätzen zusammen, so daß diese als fortgesetzte Dentinfasern zu betrachten sind. Das nun nicht immer solche Schmelzkanäle zu finden sind, erklärt er damit, daß in dem Dentin ähnliche Erscheinungen stattfinden, die wir als Transparenz bezeichnen. Transparenz heißen wir das Nichtsichtbarwerden der spezifischen Schmelzstruktur, ähnlich dem sekundären Dentin, durch Ablagerung von sekundärem Kalk.

Es könnten noch sehr viele Forschungsergebnisse in dieser Linie — Arbeiten von Retterer, Boedecker, v. Beust, Howe, Ehrensberger und Proell — aufgezeichnet werden, die alle dies Problem in mannigfaltiger Hinsicht zum Teil in Anlehnung an Versuche, die von anderen oben wiedergegeben sind, behandelt haben, doch glaube ich schon aus den hier von mir angeführten Ergebnissen den Schluß ziehen zu dürfen, daß histologische, chemisch-physikalische, sowie biologische Untersuchungen die Annahme von Lebensvorgängen im Schmelz unmittelbar nahelegen.

Wenn man auch von Seiten der Antivitalisten als Gegenbeweis ins Feld führt, daß ja alle Versuche außerhalb der Mundhöhle gemacht, also garnicht in ihrem Milieu beobachtet worden seien, so muß ihnen nur die auch von Faber nachgeprüften Untersuchungsergebnisse Urbantschitsch's entgegengehalten werden, der ja intra vitam durch eine am Zahnhals gesetzte

Kavität Methylenblaupulver einbrachte und 24 Stunden nach Extraktion des Zahnes die oben wiedergegebene diffuse Blaufärbung des Schmelzes konstatieren konnte.

So müssen wir also doch sagen, daß heute niemand mehr vom Zahnschmelz als von einem toten Gewebe sprechen darf, wenn er sich nicht nur auf die in früheren, man kann sagen, veralteten Anschauungen der Antivitalisten stützen will.

Im Folgenden seien nun eigene Untersuchungsergebnisse, die ich zur Frage der Schmelz-Dentin-Grenze angestellt habe, aufgezeichnet.

Verwendet wurden 54 menschliche Zähne, von denen nach klinischem und röntgenologischem Befund 14 ohne Pulpa und 40 mit lebender Pulpa waren. In Formalin wurden sie längere Zeit gelassen, machten den üblichen Alkoholgang (70, 80 und 90%igen Alkohol) durch und wurden aus dem absoluten Alkohol in Chloroform übergeführt. Es wurde dann das von W. Meyer empfohlene „Kollolith" zugefügt und erwärmt, damit möglichst alle Hohlräume ausgefüllt und so alle eventuell auftretenden Kunstprodukte ausgeschaltet wurden. Mit einer Stahlscheibe teilte ich alle Zähne in ihrer Längsrichtung in 2 Teile; die Stahlscheibe wurde immer feucht gehalten, um ja den Schliff zu schonen. Nun bettete ich die so erhaltenen 108 Längsschliffe auf einem Objektträger in Kollolith ein. Die eine Seite wurde auf einer erst mit Carborundumbrei, dann mit Schlämmkreide beschickten Glasplatte plan geschliffen und mit Wasser gut abgewaschen. Diese Seite wurde darauf auf einer mit offizineller Seife versehenen Spiegelplatte 5 Minuten poliert. Diese so hergerichteten Längsschliffe betrachtete ich zunächst unter dem Mikroskop mit auffallendem Licht. Um eine bessere Kontrastwirkung zu erzielen, hielten wir es für angebracht, alle Schliffe ungefähr 12 Stunden in einem alkoholischen Methylenblaubad zu färben.

Nach eingehender Betrachtung sämtlicher Schliffe konnte nun festgestellt werden, daß bei allen „devitalisierten Zähnen" eine mehr oder weniger große Spaltbildung an dem Uebergang vom Schmelz zum Dentin beobachtet werden konnte. Daß diese Spaltbildung in ihrem Ausmaße so unterschiedlich ist, können wir nur aus der Länge der Zeit erklären, in welcher der Zahn ohne Pulpa war.

Bei Betrachtung der wirklich sehr zahlreichen „vitalen Zähne“ sah ich überhaupt keinerlei Formveränderung an der Schmelz-Dentin-Grenze. In den Abbildungen bemerken wir deutlich in Abb. 1 und 2 einen kontinuierlichen Uebergang von Schmelz zum Dentin, eine wirklich innige Verbindung beider Hartsubstanzen.

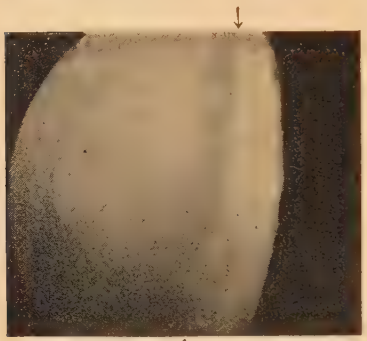

Abbildung 1.

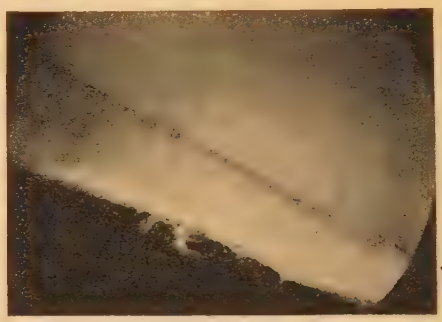

Abbildung 2.

Die in Abb. 2 aufgetretene Dunkelfärbung des Schmelzes an der Schmelz-Dentin-Grenze ist nur auf Reflexwirkung zurückzuführen.

Abbildung 3.

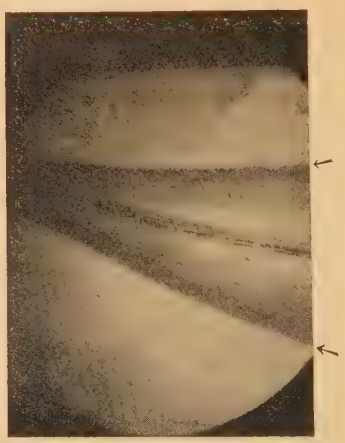

Abbildung 4.

(Agfa Chromo-Isolar 16°.)

In Abb. 3 und 4 gebe ich 2 in der Spaltbildung sehr verschiedene Präparate wieder. Die Zähne dieser beiden Abbildungen

waren wurzelgefüllt. In Abbildung 3 sehen wir eine sehr starke Spaltbildung mit geschlängeltem Verlauf, während sie in Abb. 4 etwas weniger deutlich herauskommt, d. h. in Abb. 3 haben wir eben einen seiner Pulpa schon längere Zeit beraubten Molaren vor uns, deshalb diese starke und hervorstechende Spaltbildung, während in Abb. 4 der Zahn später devital geworden war.

In der Literatur ist von solchen Spaltbildungen nichts zu finden, nur Weber glaubte die Feststellung machen zu können, daß der Schmelz an pulpalosen Zähnen leicht spröde wird. Es ist ja eine bekannte klinische Erscheinung, daß der Schmelz bei pulpalosen Zähnen sehr brüchig sein kann. Er ist der Ansicht, — die übrigens überhaupt durch keinerlei Versuche gestützt ist — daß Schrumpfungsvorgänge im Dentin stattfinden.

In dieser Hinsicht stellte nun Driak Versuche an, und wollte diese Frage mit Hilfe mikrometrischer Messungen am menschlichen Zahnbein lösen. Er verwandte vitale und wurzelgefüllte Zähne. Das Dentin setzte er verschiedenen Zug- und Druckkräften aus. Und er kam nun zu dem Resultat, daß bei wurzelgefüllten Zähnen zwar Unterschiede in der Elastizität beständen, diese aber auffallend gering seien.

Nach den vorliegenden Untersuchungen können wir auch weitere Schlüsse auf eine Vitalität des Schmelzes ziehen. Tritt also bei Verlust der Pulpa eine Schrumpfung an der Schmelz-Dentin-Grenze ein, so müssen wir doch annehmen, daß durch Aufhören des Lebens auch alle übrigen organischen Substanzen — seien es Lamellen, Büschel, Odontoblastenfortsätze — langsam zerfallen. Bei vitalen Zähnen sehen wir eine sehr innige Verankerung beider Zahnsubstanzen, die nur damit zu erklären ist, daß der Zahn seiner Pufferung noch nicht beraubt ist; denn diese besteht ja gerade in dem Vorhandensein der organischen Substanzen.

Diese Untersuchungen können also auch als Beitrag dazu dienen, daß wir somit die vertretene Annahme von Stoffwechselvorgängen vom Dentin zum Schmelz erhärten können.

Zum Schluß meiner Ausführungen ist es mir ein Bedürfnis, Herrn Prof. Dr. Wannenmacher für die Ueberlassung des Themas, die Anfertigung der Mikrophotographien und die gütige Mithilfe bei der Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

Applebaum, E.: Permeabilität des menschlichen Schmelzes. Journ. of Dental Research 11. 1931.

Caush, D. E.: Concerning human enamel. The Dental Record 47.

Faber, Fr.: Frage der Vitalität des menschlichen Zahnschmelzes. Zschr. f. Stom. 1929.

Fish, E. D.: The vitality of enamel. 1933.

Glatthaar, E.: Histologische Untersuchungen über die Schmelzdentin-grenze. Inaug.Diss. 1931 Tübingen.

Graze, K.: Studien zum Aufbau des Dentins an seinen äußeren Grenzen. Inaug.Diss. 1932 Tübingen.

Hopewell-Smith: Evidences against the theory of the metabolic of human enanel. The Dental Cosmos 49.

Meyer, W.: Strittige Fragen in der Histologie des Zahnschmelzes. Vierteljahresschr. f. Zhlk. 1925, S. 305.

Morgenstern: Ueber die neuen Schmelzforschungen. Korresp.Bl. f. Zahnärzte. H. 2. 1906.

Mummery, H.: The structure of enamel and dentin with reference to the pathology of the teeth. 1928.

Münch, J.: Untersuchungen über die Vitalität des Zahnschmelzes. DZW. 1930, S. 1358.

Orban, B.: Zur Histologie des Schmelzes und der Dentin-Grenze. Vierteljahresschr. f. Zahnhlk. 1926.

Port-Euler: Handbuch der Zahnheilkunde. 1934.

Proell, Fr.: Ueber mechanistische Vorgänge in den harten Zahnsubstanzen. DZW. Nr. 21. 1928.

Reissner, A.: Spurstreifen in der Schmelz-Dentin-Grenze und ihre Deutung. ZR. Nr. 4. 1930.

Rywkind, (Moskau): So-called scalloped appearence of the dentino-enamel junktion. 18/1931. Journ. of American Dental Association, S. 113.

Scherbel-Schönlank: Leitfaden der normalen und pathologischen Histologie der Zähne. 1922.

Siegmund-Weber: Pathologische Histologie der Mundhöhle. 1926.

Smreker: Histogenese und Entwicklungsgeschichte. Fortschr. d. Zhlk. 1931.

Walkhoff: Normale Histologie menschlicher Zähne. Leipzig 1924.

Weidenreich: Ueber den Schmelz der Wirbeltiere und seine Beziehungen zum Zahnbein. Zschr. f. Anatomie und Entwickl.Gesch. 1926.

Zilkens, K.: Pathologische Histologie. Fortschr. d. Zahnhlk. Bd. 2. S. 329.

Lebenslauf.

Am 22. Oktober 1911 wurde ich, Kurt Siebert, in Wilhelmshaven geboren, besuchte das dortige Kaiser-Wilhelms-Gymnasium und bestand Ostern 1931 meine Reifeprüfung. S-Semester 1931 und W-Semester 1931/32 studierte ich an der Universität Berlin Zahnheilkunde. Die Zahnärztliche Vorprüfung legte ich am Ende des S-Semesters 1932 in Greifswald ab und verblieb noch dort im W-Semester 1932/33. Vom S-Semester 1933 bis S-Semester 1934 studierte ich in Tübingen, wo ich am 29. Oktober 1934 die Zahnärztliche Approbation erhielt.